

Une carte conceptuelle pour révéler les « cheminements » conceptuels dans une investigation au long cours

François Lombard¹, Daniel Schneider², Vincent Widmer³, et Tania Buhler⁴

⁽¹⁾ TECFA et IUFE, Université de Genève, Boulevard du Pont d'Arve 40 1211 Genève 4 Suisse. Francois.lombard@unige.ch

⁽²⁾ TECFA, Université de Genève, Boulevard du Pont d'Arve 40 1211 Genève 4 Suisse
Daniel.schneider@unige.ch

⁽³⁾ TECFA, Université de Genève, Boulevard du Pont d'Arve 40 1211 Genève 4 Suisse
Vincent.Widmer@unige.ch

⁽⁴⁾ IUFE, Université de Genève, Boulevard du Pont d'Arve 40 1211 Genève 4 Suisse
Tania.buhler@edu.ge.ch

Résumé : Comprendre les cheminements conceptuels des élèves est crucial mais notoirement difficile. Les classiques pré-test et post-tests ne documentent pas les multiples étapes que les élèves pourraient avoir parcourues. Nous avons étudié ces cheminements sur 7 cohortes d'étudiants en analysant les enregistrements des productions d'élèves dans un espace d'écriture partagée (wiki), puis en reportant les concepts et les liens identifiés dans les versions successives de ces textes sur une carte conceptuelle du modèle à institutionnaliser. Nous n'avons pas trouvé de *chemin*, mais des *sauts* complétant par touches une mosaïque de petites chaînes causales qui sont progressivement réunies. La nature itérative et mosaïque a d'importantes implications pour l'enseignement. Une comparaison interannuelle de l'ordre d'apparition des chaînes causales révèle des difficultés systématiques dans la progression.¹

Mots-clés : Carte conceptuelle ; investigation ; changement conceptuel ; obstacles conceptuels

Introduction

Le guidage et la conception de dispositifs d'enseignement des sciences reposent sur des présupposés – souvent implicites – concernant les effets d'apprentissage attendus d'une intervention. En particulier l'organisation des exposés, discours, et activités repose sur des présupposés concernant i) les cheminements conceptuels des apprenants, ii) les effets qu'induisent les actions du milieu (Brousseau, 1998) constitué par les ressources, l'enseignant-e, les autres apprenants, les rôles, les activités, etc. iii) les difficultés que les conceptions des élèves peuvent représenter pour leurs apprentissages (Bachelard, 1947).

Nous considérons ici que les explications de phénomènes naturels qui fondent la biologie actuelle sont des *modèles* explicatifs et prédictifs (Orange, 2007), qui peuvent être exprimés en termes de concepts et de liens de causalité. Nous considérons avec (Martinand, 1996) qu'ils sont i) hypothétiques, ii) modifiables (avec de nouvelles données,

¹ Cet article est une extension avec certaines nouvelles données d'une présentation à la conférence ESERA2015, publiée dans les *proceedings* de cette conférence.

des méthodes d'analyse ou des interprétations nouvelles, par exemple), iii) pertinents pour certains problèmes et iv) de portée limitée. On peut naturellement se référer à de nombreux modèles permettant d'expliquer ou prédire le comportement d'un phénomène donné. Notamment en fonction de critères d'adéquation à un public scolaire et à un curriculum donné, un modèle est sélectionné : Nous nommerons modèle à *institutionnaliser* (Brousseau, 1998), celui visé dans un dispositif particulier (l'objectif d'apprentissage).

Ainsi enseigner, c'est aider les élèves à devenir capables d'utiliser des modèles pour décrire, expliquer, ou prédire des phénomènes naturels. Les modèles mentaux sont par essence inaccessibles et la didactique est souvent méfiante d'un discours psychologique sur la nature de ces modèles mentaux. Nous nous limiterons donc à relever, analyser et discuter *l'expression* de ces modèles. Par conséquent, la progression qui nous intéresse ici s'observe par la capacité des élèves à utiliser des éléments de ces modèles (les concepts et les liens de causalité les reliant) pour expliquer/prédire.

Obtenir des reflets de la progression conceptuelle des apprenants *au cours des processus d'apprentissage* est à la fois nécessaire – tout particulièrement dans l'investigation – et notoirement difficile. Les classiques pré-test et post-tests ne documentent pas les multiples étapes que les élèves pourraient avoir parcourues, il faut donc chercher d'autres méthodes pour établir les cheminements conceptuels diversifié et imprévisible des étudiants.

On considère implicitement dans de nombreux dispositifs (Duncan & Hmelo-Silver, 2009) que les concepts seraient acquis linéairement des plus « simples » aux plus « complexes ». Pourtant Zabel and Gropengiesser (2011) suggèrent que la progression des apprentissages pourrait bien être une déambulation - différente pour chaque élève - plutôt que l'ascension d'une échelle. Dans cette étude, nous allons étudier comment les élèves expriment les concepts et liens au fil du temps dans un dispositif d'investigation implémenté presque toute l'année scolaire - et comment une carte conceptuelle peut aider à les visualiser.

Nous tenterons d'établir la progression des apprenants en analysant les enregistrements des productions d'élèves dans un espace d'écriture partagée (wiki) contenant plus d'un million de mots. L'investigation construit par groupe dans ce wiki les savoirs à partir d'expériences et de ressources rapportant des expériences. Nous considérons que les concepts et les liens trouvés dans les versions successives des explications produites par les élèves reflètent l'évolution de leur compréhension du phénomène étudié. Nous pensons que cette méthode peut fournir des informations importantes pour le guidage dans l'investigation et aider à concevoir ou comparer des environnements d'apprentissage.

Méthodes

Dans le cadre d'une recherche à long terme sur l'apprentissage par investigation dans des classes de l'école secondaire supérieure nous avons étudié 7 cohortes d'étudiants (l'intervention entière durait plus de sept mois) entre 2006 et 2015 totalisant 93 étudiants. Les thèmes traités sont la génétique moléculaire et l'immunologie. Ce dispositif a été décrit et validé ailleurs (Lombard, 2012).

La progression conceptuelle a été établie en comparant les versions du texte d'un même groupe d'étudiants, dans l'espace d'écriture partagée (wiki) supportant l'investigation.

Pour cet article, nous avons sélectionné à partir de l'investigation de l'ensemble de la classe sur l'immunologie une question d'investigation (« Comment les anticorps adéquats apparaissent-ils en réponse à un pathogène donné appelé X ») traitée chaque année par un groupe de 3-4 étudiants au cours de son investigation (2-3 semaines) en fin d'année. Nous

avons codé les unités sémantiques de chaque version du texte en recherchant la présence des concepts et liens de causalité définis dans le modèle à institutionnaliser. Un double codage a permis d'établir des critères pour plus de 90% d'accord inter-codeurs, puis un simple codage a été appliqué à l'ensemble des versions.

Nous avons produit une carte conceptuelle (Novak & Cañas, 2008) du modèle à institutionnaliser. Les concepts et liens trouvés dans chaque version du texte des élèves (une centaine de versions dont 12-20 révélaient des changements de concepts ou liens) ont été codés et mises en évidence sur cette carte. (Cf. Figure 1). Les versions successives de cette carte sont produites par les chercheurs : elles ne sont pas des productions d'élèves.

Figure 1 ici

Figure n°1 : Le modèle à institutionnaliser sur lequel les concepts trouvés dans les écrits des élèves ont été reportés par les chercheurs en vue de l'analyse (le modèle utilisé pour la recherche est en anglais).

Afin de mettre en évidence l'ordre d'apparition des concepts et des liens de causalité, et donc l'établissement de chaînes causales, nous avons comparé toutes les versions produites chaque année par des groupes équivalents et avons calculé un indice de prévalence (comptage de la présence de l'item normalisé sur le nombre de versions) mesurant la précocité d'apparition des concepts et liens, qui a pu être consolidé pour chaque année. Un indice bas indique donc un concept ou lien que les élèves ont exprimé tardivement.

3. Résultats

Le résultat le plus frappant et surprenant est que nous n'avons *pas* pu mettre en évidence de *chemin*. Les chaînes causales apparaissent de manière mosaïque sans révéler de chemin cohérent en termes épistémique : on observe jusque tard dans l'investigation de nombreuses chaînes causales incomplètes. On pourrait parler de « sauts de kangourou » complétant par petites touches une mosaïque plutôt que de parcours – même sinueux. Par exemple la figure 2 montre des concepts isolés et des chaînes incomplètes.

Ici figure 2

Figure n° 2 : Un exemple des concepts et liens qui ont pu être trouvés dans les écrits des élèves reportés sur la carte conceptuelle utilisée pour la recherche. Le texte d'un groupe de 4 étudiants en cours d'investigation. Version 4, année 2006

Les concepts et liens apparaissent isolément formant de petites chaînes causales qui sont petit à petit réunies. L'ordre d'apparition varie d'année en année, mais la comparaison des 7 séquences d'apparition fait émerger de cette diversité certaines constantes. Ainsi l'indice de prévalence intègre ces variations annuelles et fait apparaître des tendances basées sur plusieurs années. Ainsi il montre que certaines chaînes causales locales se forment régulièrement dès le début du processus d'investigation. Il permet aussi d'identifier, malgré ces variations annuelles, d'autres régions de la carte conceptuelle où les chaînes causales sont complétées plus tard, vers la fin de la séquence d'apprentissage. Les concepts et liens apparaissent d'une année sur l'autre dans un ordre un peu différent, mais l'indice montre des secteurs qui – en moyenne sur sept ans – apparaissent tardivement. Cet indice révèle

ainsi des secteurs du champ conceptuel qui méritent une attention particulière, que nous allons discuter.

Ici figure 3

Figure n°3 : Indice de prévalence des concepts et liens pour un groupe de 4 étudiants. Un indice bas indique l'apparition tardive de l'item dans les écrits des élèves. Etabli à partir des productions dans l'espace de l'écriture partagée, année 2006

4. Discussion

Dans l'analyse à court terme, nos résultats montrent clairement et de manière répétée une progression conceptuelle i) non-linéaire, ii) incohérente ou dont la cohérence nous échappe et iii) variable d'une année à l'autre ou d'un groupe à l'autre. Nous discuterons ce processus itératif et tâtonnant en parallèle avec les cheminements de la science – on pense à Giordan (1978) et OHERIC.

Parmi les potentiels méthodologiques et leurs limites à court terme on peut évoquer l'élaboration des dispositifs autour d'une carte conceptuelle du modèle à institutionnaliser pour i) organiser les objectifs et définir des plans d'étude ii) identifier des difficultés afin de préparer des activités, des questions, des ressources destinées à aider les élèves à dépasser ces obstacles conceptuels, pour compléter les chaînes causales iii) expliciter le champ conceptuel pour suivre et réguler la progression conceptuelle des élèves durant les activités. La portée et la généralisabilité de notre analyse doit être mise discutée à la lumière de l'échantillon réduit et du seul dispositif d'investigation étudié.

Les implications pour l'enseignement de nos résultats pourraient être tout de même assez larges : notamment une remise en question des dispositifs qui organisent l'apprentissage de manière linéaire, quelle qu'en soit la forme (exposé, activités guidées voire certaines formes d'investigation). Les effets sociaux discriminant les élèves en fonction de la capacité des apprenants à effectuer seuls (durant le cours ou les révisions), ces itérations seront évoqués.

Nos résultats suggèrent que l'engagement cognitif des élèves doit être impliqué de manière *répétée* dans des activités les aidant à prendre conscience et dépasser les lacunes causales dans leurs modèles explicatifs des phénomènes étudiés, rejoignant en cela certaines recherches qui proposent d'organiser l'apprentissage comme un processus d'amélioration des connaissances (Scardamalia & Bereiter, 2006). Nous discuterons l'importance de focaliser la conception et la conduite de dispositifs d'apprentissage des sciences sur les chaînes causales et leur complétude. Nos résultats soulignent la nécessité pour la plupart des élèves d'activités favorisant la prise de conscience – assez tôt dans la progression – de leurs lacunes dans les chaînes conceptuelles, alors qu'une remédiation est possible, plutôt qu'à la fin lors de l'évaluation finale certificative.

L'usage de cette méthodologie sur le plus long terme par la comparaison des progressions sur plusieurs années peut mettre en évidence des difficultés dans les séquences d'acquisition des éléments du modèle – nous sommes en train de poursuivre cette analyse. Nous terminerons en interrogeant les facteurs qui pourraient influencer ces difficultés (nous avons évoqué le dispositif, les contraintes cognitives « *cognitive construals* » (Coley & Tanner, 2015), et la structure épistémologique du champ conceptuel). Nous pensons qu'il y a là un champ fascinant d'exploration, mais des difficultés méthodologiques considérables.

Références bibliographiques

- Bachelard, G. (1947). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Coley, J. D., & Tanner, K. (2015). Relations between Intuitive Biological Thinking and Biological Misconceptions in Biology. *CBE-Life Sciences Education*, 14(1), ar8.
- Duncan, R. G., & Hmelo-Silver, C. E. (2009). Learning progressions: Aligning curriculum, instruction, and assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 606-609.
- Giordan, A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*: Centurion.
- Lombard, F. (2012). *Conception et analyse de dispositifs d'investigation en biologie : comment conjuguer autonomie dans la validation scientifique, approfondissement conceptuel dans le paradigme et couverture curriculaire ?* Doctorat
- Martinand, J. L. (1996). *Introduction à la modélisation*. Paper presented at the Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques., Cachan Paris
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). The theory underlying concept maps and how to construct and use them. *Florida Institute for Human and Machine Cognition*, 2008.
- Orange, C. (2007). Quel Milieu pour l'apprentissage par problématisation en sciences de la vie et de la terre? *Éducation et didactique*, 1(2), 37-56.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2006). Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology. In K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 97–115). New York, USA: Cambridge University Press.
- Zabel, J., & Gropengiesser, H. (2011). Learning progress in evolution theory: climbing a ladder or roaming a landscape? *Journal of Biological Education*, 45(3), 143-149.

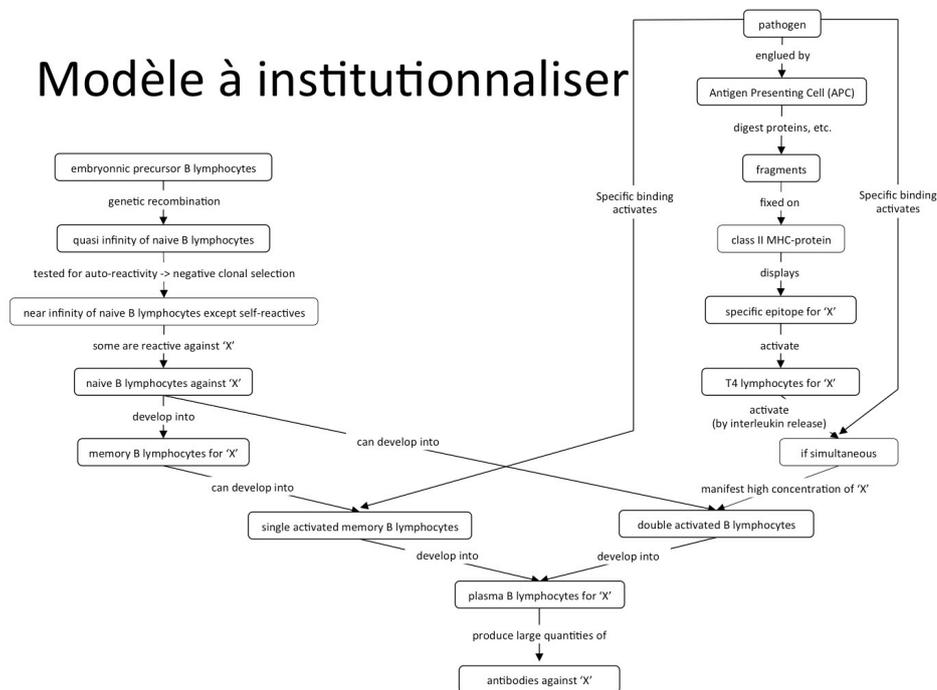


Figure 1

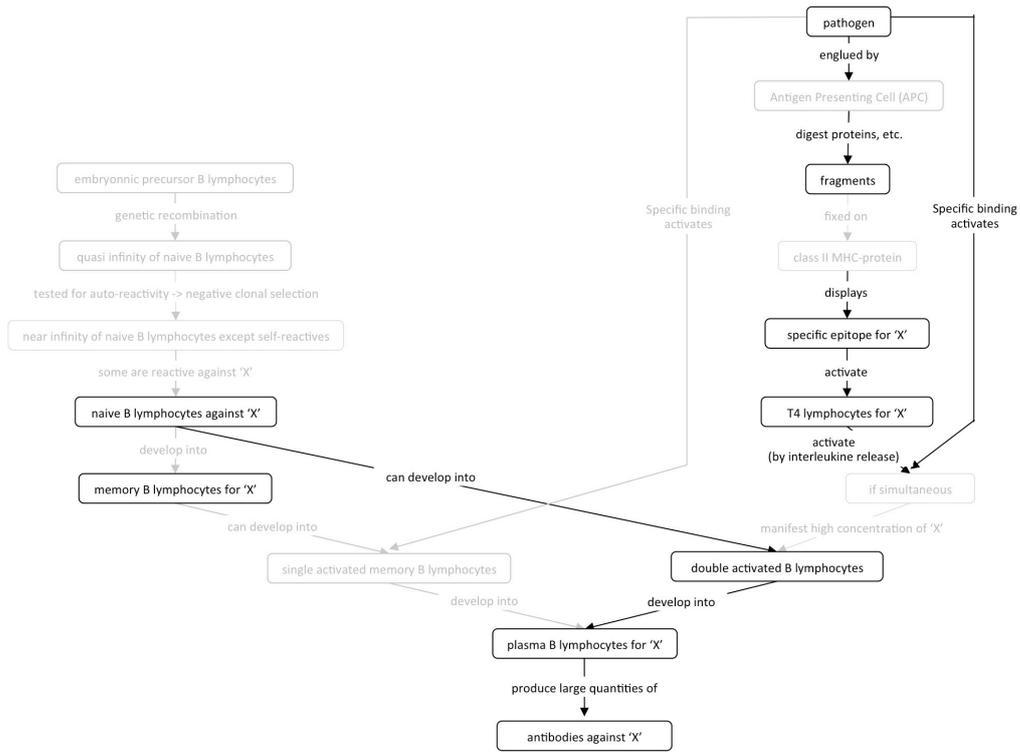


Figure 2

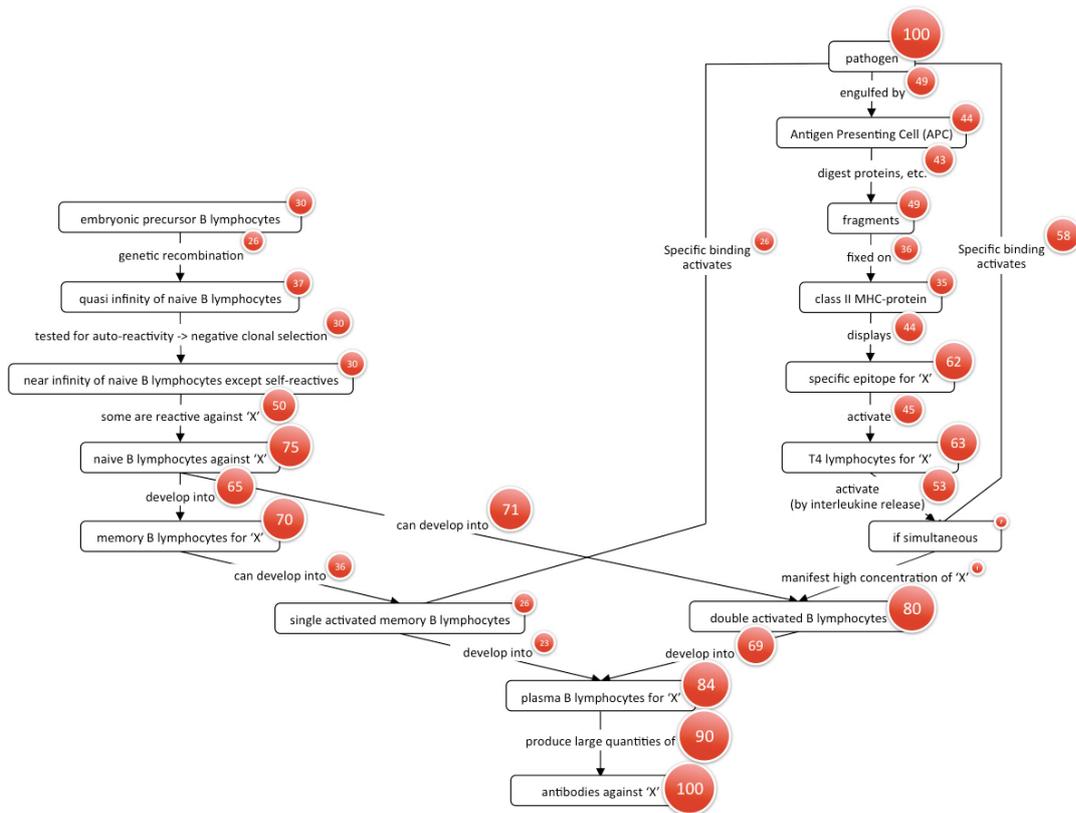


Figure 3